Le diaphragme dans ses rapports avec l'évolution thoracique chez les Primates.

(NOTE PRÉLIMINAIRE)

Par J. Lessertisseur.

1. — L'évolution morphologique du thorax chez les Primates.

Elle peut se résumer en deux processus théoriques de portée inégale.

a) La réduction métamérique progressive du bas-thorax dépend elle-même, selon un schéma classique de Rosenberg, du raccourcissement distal du tronc. La diminution du nombre des vertèbres présacrées, de 26 chez les Primates quadrupèdes (27 chez le Chien) à 24 ou même 23 (Orang) amène celle des côtes et des pièces sternales inférieures (Tredgold ; Anthony ; Keith). En même temps, certains muscles pectoraux et abdominaux perdent leurs digitations correspondantes (Loth). Ce processus est à quelques égards plus avancé chez les Anthropomorphes, l'Orang en particulier, que chez l'Homme [1]. Il paraît s'accompagner d'un certain déficit fonctionnel de la partie basse des poumons : disparition du lobe azygos, réduction des culs-de-sacs postérieurs.

b) L'élargissement du thorax, dans les formes supérieures, compense en quelque mesure le phénomène précédent. L'indice thoracique passe de 86 environ chez les Primates quadrupèdes (thorax « en carène »), à 110 chez les Anthropomorphes, 130 chez l'Homme (thorax « en baril »). Corrélativement, les épaules s'écartent, le membre antérieur et l'omoplate sont rejetés en arrière, les côtes tendent à s'affaisser, les insertions musculaires pectorales à s'éloigner de la ligne médiane, le sternum s'amincit et s'élargit. Ces changements sont en rapport avec ceux de la démarche.

On envisagera ici les répercussions de cette évolution sur la forme (fig. 1) et les fonctions du diaphragme, successivement dans ses deux parties classiquement dénommées, par référence malheureuse à l'anatomie humaine, « horizontale » (= sterno-costale) et « verticale » (= spinale) [2].

1. La réduction métamérique n'implique pas nécessairement raccourcissement.
2. Outre l'étude systématique des Primates entrant au laboratoire, quelques examens ont porté, pour comparaison, sur les genres *Canis* (quadrupède typique) et *Macropus* (bipède). Nos plus vifs remerciements sont dus à MM. Florentin, professeur, et Blin, assistant, pour plusieurs dissections et recherches bibliographiques effectuées, avec leur concours bienveillant, à l'École vétérinaire d'Alfort.

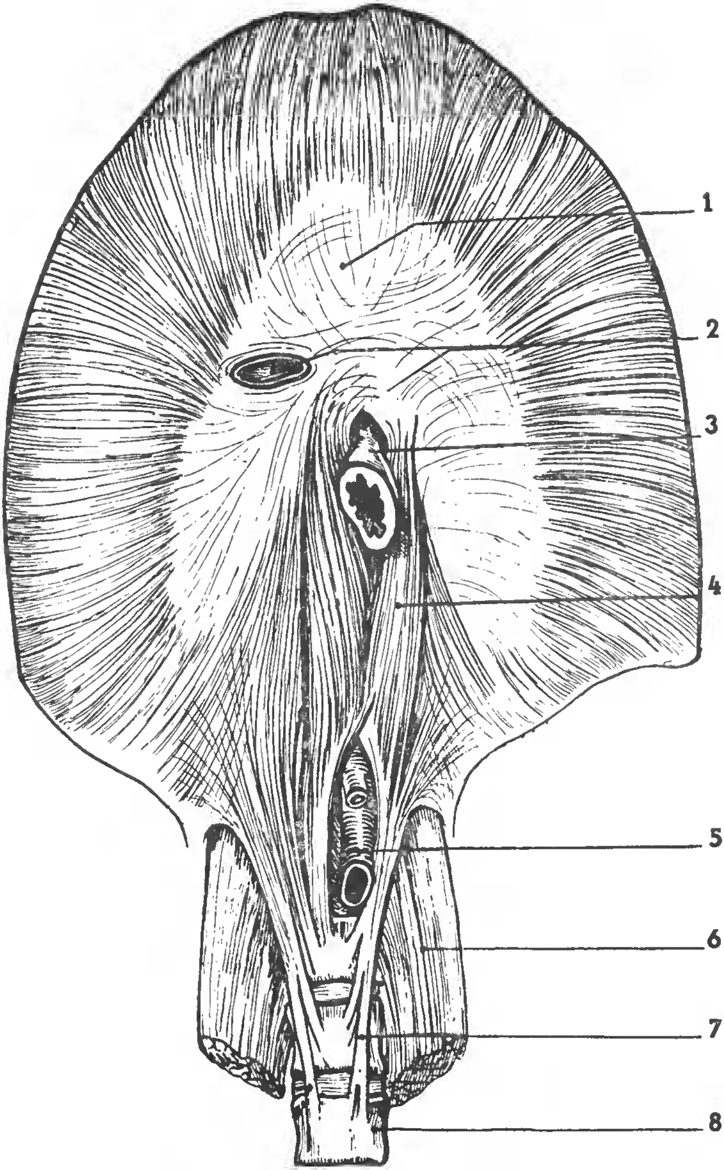


FIG. 1. — *Diaphragme de Cercopithèque.* 1 : Centre phrénique. 2 : Foramen pour la veine cave inférieure. 3 : Oesophage. 4 : Pilier gauche, partie charnue. 5 : Aorte. 6 : Muscles psoas et carré des lombes. 7 : Pilier gauche, tendon. 8 : 16e vertèbre dorso-lombaire.

2. — Portion sterno-costale et centre phrénique.

Les attaches antérieures et latérales du diaphragme s'établissent toujours par des digitations sur les cinq, six ou sept dernières paires de côtes ou cartilages costaux et, généralement, par un faisceau médian, sur l'appendice xiphoïde. Des fibres de renforcement peuvent provenir des muscles transverses de l'abdomen et du thorax, dont les insertions s'entrecroisent avec celles du diaphragme.

De ces divers points, les fibres convergent vers un cendre phrénique, semi-lunaire plutôt que trifolié. Celui-ci est constitué fondamentalement de fibres tendineuses ipsilatérales, rejoignant les portions musculaires

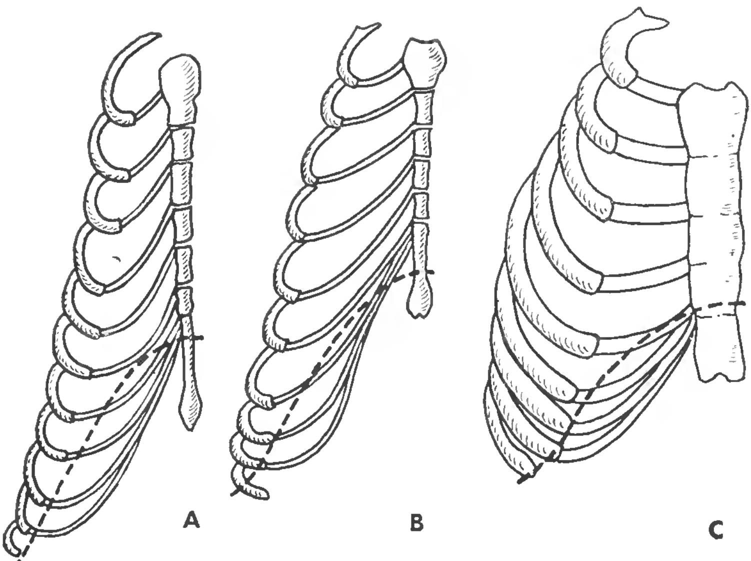


Fig. 2. — *Limites du diaphragme* sur la paroi antérieure de la cage thoracique. A : *Lemur*. B : *Macaca*. C : *Pongo*. (semi-schématique).

d'origine lombaire et crurale ; secondairement, de fibres contralatérales et accessoires, certaines proprement musculaires. L'orifice pour la veine cave inférieure, dit quadrilatère, s'ouvre un peu à droite de la ligne médiane, au niveau de la neuvième ou de la dixième vertèbre dorsale en général.

Les différences entre sous-Ordres nous ont paru assez faibles. Bien sûr, en rapport avec la forme du thorax, le diaphragme est plus long et plus oblique chez les Lémuriens. Son dôme y paraît aussi plus accentué que chez les Singes. Les Anthropomorphes et l'Homme ont un diaphragme large, creux et transversal. La lon-

gueur du thorax doit entrer en jeu dans une juste appréciation de position. Si, par exemple, on prend pour référence le point de jonction de la ligne d'insertion diaphragmatique sur la paroi, avec la ligne des articulations chondro-costales (fig. 2), ce point est situé à peu près au niveau de la 11e côte chez le Maki, de la 8e chez le Macaque, le Chimpanzé, l'Homme, de la 7e chez l'Orang [1].

Nous n'avons pas nettement reconnu, dans le centre phrénique des Primates non-humains, les bandelettes fibreuses qu'y décrit l'anatomie humaine. Peut-être les fibres contralatérales sont-elles plus nombreuses ou mieux développées chez l'Homme.

Les rapports du diaphragme antérieur avec les viscères sont assez variables. Du côté thoracique, le péricarde attient peu au centre phrénique et le cœur est à peine oblique chez Lémuriens et Singes inférieurs. Il reste ainsi place pour un court segment thoracique de la veine cave et pour le lobe azygos du poumon droit, structures vestigiales chez les Anthropomorphes et pratiquement disparues de l'Anatomie humaine : ici, le cœur est couché, l'oreillette droite presque contre le plancher du thorax. Du côté abdominal, à gauche, une partie du fond de l'estomac touche généralement le diaphragme. Les ligaments suspenseurs du foie sont toujours puissants.

3. — Portion lombaire et piliers.

Les origines postérieures ou spinales du diaphragme peuvent être séparées des dernières digitations costales par un intervalle ou hiatus costo-lombaire, plèvre et péritoine étant unis en cet endroit par un peu de conjonctif lâche. Elles comprennent essentiellement, de part et d'autre de l'orifice aortique, une portion vertébrale, ou piliers et, accessoirement, des faisceaux d'appoint provenant des muscles psoas et carré des lombes (ou de leur aponévrose), enjambés par une ou deux arcades latérales. Les fibres crurales proviennent du corps des premières lombaires et parfois de leurs apophyses transverses. Elles se prolongent en partie dans les fibres tendineuses du centre phrénique. Mais aussi, vers leur terminaison craniale, elles s'entrecroisent plus ou moins entre elles ou se recourbent pour resserrer l'orifice allongé de l'œsophage, sans qu'on puisse parler exactement de sphincter ou de muscle phréno-œsophagien. Le pilier droit, toujours plus important que le gauche [2] et s'insérant souvent une vertèbre plus bas, prend en général la plus grande part dans cette formation.

1. Genres présentant : Maki, 13-14 côtes dont 8-10 sternales ; Macaque, 12-13 dont 7-8 ; Chimpanzé, 13 dont 7-8 ; Homme et Orang, 12 dont 7.

2. Cette disposition est donc en rapport non, comme on le prétend souvent en Anatomie humaine, avec le plus grand usage de la main droite, mais avec la contention du foie.

Les modifications de cette portion du diaphragme dans la série des Primates paraissent plus importantes que les précédentes. Elles concernent surtout la subdivision des piliers, leur raccourcissement, leur aecolement au ligament prévertébral.

On distingue classiquement chez l'Homme, de chaque côté de l'hiatus aortique, un pilier médian, un intermédiaire et un latéral, délimitant entre eux deux interstices où passent respectivement le nerf grand splanchnique avec la veine azygos (ou hémi-azygos) et le nerf petit splanchnique, tandis que la chaîne sympathique demeure extérieure. Déjà variable chez l'Homme, cette disposition n'est nullement la règle chez les Primates, d'où les désaccords des auteurs. On reconnaît en général seulement deux piliers, dont le plus latéral, inconstant, est plus faible. La distinetion d'un ligament cintré médian et d'un latéral, d'une arcade du psoas et d'une du carré des lombes, n'est pas plus évidente, même chez les Anthropomorphes. Signalons que sur ces points, Sperino décrit cependant, chez le Chimpanzé, la disposition humaine.

Plus instructif est le niveau d'insertion des piliers. En raison du nombre variable de vertèbres dorsales, on utilisera le terme « dorso-lombaires ». Chez les Lémuriens, l'attache des piliers se fait en général aux 14ᵉ à 16ᵉ ou 17ᵉ dorso-lombaires. Chez les Singes, elle ne dépasse qu'exeeptionnellement la 16ᵉ (17ᵉ chez Atèle, Semnopithèque). Chez l'Homme enfin, on sait que le pilier droit atteint normalement la 15ᵉ, le gauche, la 14ᵉ. Le raccoureissement est certainement en rapport avec la réduction métamérique du tronc, et peut-être, chez l'Homme, avec l'acquisition de la station droite.

Un dernier phénomène, noté par WINCKLER (1926) est l'accolement progressif des piliers aux ligaments prévertébraux. Plus épais que larges chez les Lémuriens, les piliers s'aplatissent et leurs insertions s'écartent parfois en éventail chez les Singes. Chez les Anthropomorphes et l'Homme, ils se continuent presque indistinctement dans l'appareil fibreux prévertébral.

Les rapports avec les organes voisins sont peu variables. L'estomac, la rate, les reins, peuvent toucher le diaphragme dans cette région. Les culs-de-sacs postérieurs de la plèvre et les prolongements pulmonaires qui s'y logent se raccourcissent avec la remontée des insertions crurales et la position plus transverse du diaphragme.

4. — APERÇU DU PROBLÈME FONCTIONNEL.

Cette description aura, on l'espère, déjà souligné le rapport entre l'évolution thoracique et les divers états du diaphragme. KEITH (1923) a excellemment développé les répercussions fonc-

tionnelles de l'accession à la forme humaine. Pour la question du bas-thorax, nous avons largement mis à profit des discussions avec le docteur FRUCHAUD, d'Alep (v. 1958). Les lignes suivantes ne sont que l'exposé sommaire du problème fonctionnel.

a) *Diaphragme et attitude.* Physiologiquement, la distinction la plus nette se réfère à l'attitude (fig. 3). La vie arboricole et, parfois, l'habitude de s'asseoir, n'altèrent pas d'abord gravement l'horizontalité normale du tronc. En revanche, la suspension brachiale des Anthropomorphes et la bipédie de l'Homme et du Gibbon ont pour effet commun son redressement. S'opère en outre la libération progressive de la main.

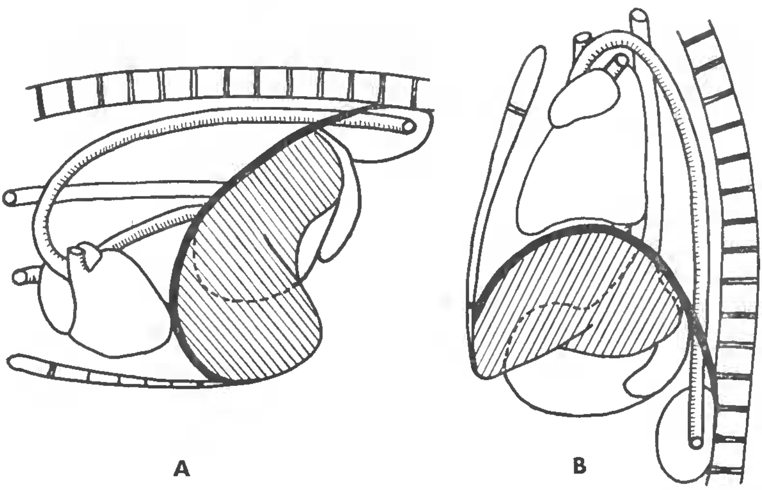


FIG. 3. — *Rapports schématiques* du diaphragme chez un quadrupède (A) et un bipède (B).

Position, forme et mode d'action du diaphragme en sont, de toute évidence, très affectés. Ses fonctions essentielles, contention des viscères, contrôle des pressions thoracique et abdominale, demeurent, mais les forces en jeu changent de sens. On conçoit que le thorax et, partant, le diaphragme, deviennent plus transversaux en position verticale ; que l'affaissement des côtes et du sternum sous le poids des épaules et des bras, accentue la voussure phrénique ; que la pression accrue du haut-abdomen contribue à la déchéance relative du bas-thorax.

b) *Diaphragme et respiration.* L'inspiration, normalement seul temps respiratoire actif chez les Mammifères, requiert l'action de deux groupes moteurs, déjà distingués par BELL (1822) : l'interne est le diaphragme ; l'externe est constitué par des muscles pariè-

taux. Ceux-ci ne peuvent jouer pour la dilatation de la cage thoracique qu'en prenant un point fixe sur le membre pectoral ou sa ceinture. Leur action sera donc plus efficace chez les quadrupèdes, alors qu'en position bipède ou assise, le bras étant mobilisé, le diaphragme assume l'essentiel du travail. On observe ainsi deux types respiratoires mammaliens, habituellement désignés comme « thoracique » et « abdominal », et qu'il vaudrait peut-être mieux appeler « costal » et « diaphragmatique ». Dans ce second type, la section du nerf phrénique entraîne rapidement la mort (les quadrupèdes — chien, lapin, cheval — y résistent mieux).

Mais, si la réduction métamérique amène, comme on l'a cru, une certaine déficience du bas-thorax, ceci doit être compensé, chez les Anthropomorphes et l'Homme, par une ventilation accrue de la partie supérieure des poumons. On observe en effet (Keith) l'importance prise par les lobes supérieurs, et la remontée de l'apex jusque dans la région cervicale. Pour que l'action du diaphragme s'étende jusque là, des liaisons nouvelles s'établissent : des facettes chondrales peuvent apparaître entre les deux ou trois dernières côtes sternales, les articulations intersternébrales et sterno-costales deviennent rigides, enfin le péricarde, plus étroitement fixé au centre phrénique, en transmet plus fidèlement les mouvements à la racine des poumons [1].

L'étude de l'action du diaphragme en rapport avec l'évolution thoracique est ainsi loin d'être achevée : à peine en entrevoit-on, chez l'Homme, la complexité. Or, paradoxalement, cette complexité, ou plutôt l'indistinction des fonctions, doit être encore plus grande chez les Primates inférieurs, où le rôle inspiratoire est moins prédominant. On espère seulement avoir remis ici en lumière quelques aspects d'un problème important et difficile.

Laboratoire d'Anatomie comparée du Muséum.

OUVRAGES CITÉS

Anthony (R.), 1898. — Du sternum et de ses connexions avec le membre thoracique dans la série des Mammifères. Thèse méd. Paris.

Bell (C.), 1822. — The nervous mechanism of human respiration. London. (*fide* F. W. Jones).

Fruchaud (H.), Lessertisseur (J.) et Megarbane (A.), 1958. — Le relèvement mécanique du toit chondro-diaphragmatique dans la chirurgie de l'étage supérieur de l'abdomen. *Mém. Acad. Chir.*, **84**, pp. 920-927.

1. On pourrait encore envisager les fonctions abdominales du diaphragme : évacuation et circulation veineuse. Il est possible, par exemple, qu'en posture verticale, sa compression aide au reflux du sang de la veine cave inférieure.

JONES (F. W.), 1913. — The functionnal history of the coelom and the diaphragm. *J. Anat. Physiol.*, **37**, pp. 18-40.

KEITH (A.), 1905. — The nature of the mammalian diaphragm and pleural cavities. *Ibid.*, **39**, pp. 243-284.

— 1923. — Man's posture ; its evolution and disorders. *Brit. Med. J.*, **1**, pp. 499-502, 545-8, 587-90.

LOTH (E.), 1919. — Anthropologie des muscles du tronc. Note préliminaire. *Bull. Mém. Soc. Anthrop. Paris.*, VII, **10**, pp. 116-133.

PATTEN (C. J.), 1899 et 1902. — The form and position of the thoracic and abdominal viscera of the ruffed Lemur. *Trans. Roy. Acad. Med. Irel.*, **17**, pp. 562-677 ; **20**, pp. 441-473.

SPERINO (G.), 1897. — Anatomia del Cimpanzé. Torino.

TREDGOLD (A. F.), 1897 — Variations of the ribs in the Primates. *J. Anat. London*, **31**, pp. 288-302.

VALLOIS (H. V.), 1955 — Ordres des Primates. *In* Grassé, Traité de Zool., **17**, pp. 1854-2206.

WINCKLER (G.), 1926 — Configuration et architecture des piliers du diaphragme. *Arch. Anat. Strasbourg*, **6**, pp. 1-32.